

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-010838

(43)Date of publication of application : 16.01.2001

(51)Int.Cl.

C03B 37/012

G02B 6/04

G02B 6/287

H01S 3/06

H01S 3/10

(21)Application number : 2000-150234

(71)Applicant : LUCENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 22.05.2000

(72)Inventor : DIGIOVANNI DAVID JOHN
FISHTEYN MIKHAIL

(30)Priority

Priority number : 99 315631

Priority date : 20.05.1999

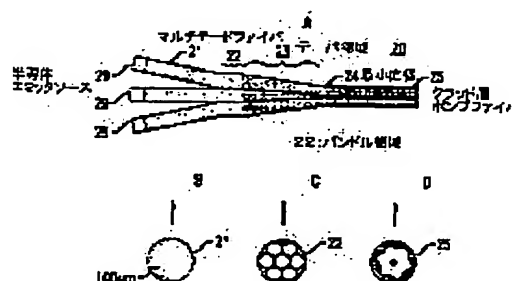
Priority country : US

(54) PRODUCTION OF ARTICLE CONTAINING FUSED BUNDLE OF OPTICAL FIBER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a fused fiber bundle having high efficiency and high strength and free from gap on the cross-section by bundling a plurality of optical fibers, adding a glass precursor material optionally containing colloidal particles and heating and melting the product after drying.

SOLUTION: Plural multi-mode fibers 21 each having a semiconductor emitter source 29 at the end are bundled at the bundling region 22 and arranged in closely packed state preferably contacting the inside fiber with the maximum number of surrounding fibers. A glass precursor material is added to the fibers in the bundling of the fibers 21. The glass precursor is composed mainly of vitreous silica and contains colloidal particles when the fiber has circular cross-section or is free from particles when the fibers have flat planes opposite to each other. The bundle is compacted to the minimum diameter 24 via a tapered region 23 and welded by heating to form a clad pump fiber 25.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

28.06.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-10838

(P2001-10838A)

(43) 公開日 平成13年1月16日 (2001.1.16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
C 0 3 B	37/012	C 0 3 B 37/012	B
G 0 2 B	6/04	G 0 2 B 6/04	D
	6/287	H 0 1 S 3/06	B
H 0 1 S	3/06		Z
	3/10	G 0 2 B 6/28	A
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 7 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-150234(P2000-150234)

(22) 出願日 平成12年5月22日 (2000.5.22)

(31) 優先権主張番号 09/315631

(32) 優先日 平成11年5月20日 (1999.5.20)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 596077259

ルーセント テクノロジーズ インコーポ
レイテッド

Lucent Technologies
Inc.

アメリカ合衆国 07974 ニュージャージ
ー、マレーヒル、マウンテン アベニュー
600-700

(74) 代理人 100081053

弁理士 三俣 弘文

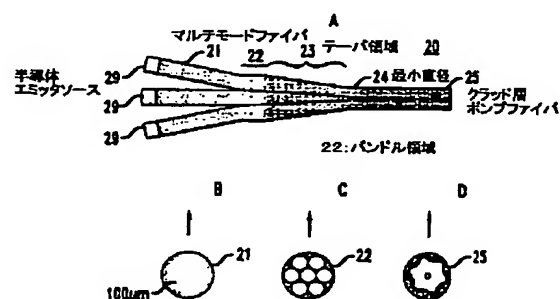
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバの溶融バンドルを含む物品の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 複数本の光ファイバを結合する方法、およびそれらにより製造された物品、たとえば光ファイバ増幅器、カプラ、スプリッタ、クラッド層ポンプファイバレーザを提供すること。

【解決手段】 本発明は、光ファイバの溶融バンドルを含む物品（たとえば光ファイバ増幅器、あるいはレーザ）の製造方法を具体化することである。本発明の方法は、光ファイバのバンドルを用意するステップと、この光ファイバのバンドルを加熱して溶融状態の光ファイバのバンドルが得られるようにするステップを含む。重要なことは、本発明の方法は、加熱ステップの前にガラスプリカーサ材料を、前記の光ファイババンドルに加えることである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 (A) 光ファイバのバンドルを用意するステップと、

(B) 光ファイバのバンドルを加熱し、熔融した光ファイバのバンドルを得るステップと、

(C) 前記(B)のステップの前に、ガラスプリカーサ材料を、前記光ファイバのバンドルに追加するステップとを有し、

(i) 前記ガラスプリカーサ材料は、コロイド状粒子を含み、

(i i) 前記光ファイバの少なくとも2本のファイバは、実質的に平面上の表面を有し、この前記平面上表面が、互いに向かい合い、前記ガラスプリカーサ材料は、粒子を含有しないガラスプリカーサ材料であることを特徴とする光ファイバの熔融バンドルを含む物品の製造方法。

【請求項2】 前記ガラスプリカーサ材料は、コロイド状粒子を含むことを特徴とする請求項1記載の製造方法。

【請求項3】 前記コロイド状粒子の直径は、1～1000nmの範囲内であることを特徴とする請求項2記載の製造方法。

【請求項4】 前記ガラスプリカーサ材料は、水性媒体中にシリカを含有したコロイド状粒子を含有することを特徴とする請求項2記載の製造方法。

【請求項5】 前記光ファイバのバンドルは、断面が円形の光ファイバからなり、前記ガラスプリカーサ材料は、コロイド状粒子を含むことを特徴とする請求項1記載の製造方法。

【請求項6】 前記光ファイバのバンドルは、実質的に平面状表面を有する、少なくとも2本の光ファイバを有し、

前記2つの平面状表面は、互いに向かい合い、前記ガラスプリカーサ材料は、コロイド状粒子を含むことを特徴とする請求項1記載の製造方法。

【請求項7】 前記(B)のステップは、熔融光ファイバのバンドルをテーパ状にするステップを含むことを特徴とする請求項1記載の製造方法。

【請求項8】 (D) 前記光ファイババンドルに付加された、ガラスプリカーサ材料を乾燥させるステップをさらに有することを特徴とする請求項1記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイババンドル(束)の形成方法に関し、特に、このような光ファイバを含む物品(例、光ファイバ増幅器、レーザ)の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 光ファイババンドルは、様々な光アプリケーション、たとえば光ファイバ増幅器、カプラ(結合

器)、スプリッタ(分離器)、クラッド層ポンプファイバレーザで用いられている。代表的なアプリケーションにおいては、光ファイババンドルは、複数のダイオード光ソースから二重クラッドファイバデバイスの内側クラッド層へ光を結合するのに用いられている。これらの光ファイババンドルは、個々の光ファイバを熔融することにより、たとえば、通常、バンドルにテーパを付けることにより製造され、そして光学強度を増加させている。

【0003】 複数の光ファイバを単に熔融して(溶かして)、バンドルに形成することは、比較的簡単である。しかし、高い光学出力を有するような光ファイババンドルを高い歩留まりで製造することは通常困難である。熔融した光ファイババンドルと、高い光学スループット

(効率)を有する物品を、信頼性高く製造する方法を得ることが望ましい。本発明はこのような製造方法およびこのような製造方法によって得られた物品を開示する。

【0004】 2本の光ファイバを一体に熔融する技術は、公知である。たとえば、米国特許第4439221号、および特願平9-014873は、このような光ファイバカブラの製造方法を開示し、この方法は、2本の裸のファイバを、シリカ酸(通常TEOS)の水酸基により得られる、ゾルでもってコーティングし、その後、このコーティングされた光ファイバを加熱して、光ファイバを溶かすことにより製造している。

【0005】 従来の光ファイバの製造プロセスにおいては、2本の光ファイバをねじりあわせて、これらを緊密に接合し、それらの端部を引っ張りながら加熱していた。3本以上の光ファイバを結合するためにも、同じ技術が用いられていた。これに関しては、米国特許出願第08897195号と第08999429号を参照のこと。米国特許第5500917号と第5682453号はそれぞれ、ガラスベースの結合用化合物を含む光学組立体と、その組立体の製造方法を開示している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、複数本の光ファイバを結合する方法およびそれらにより製造された物品たとえば光ファイバ増幅器、カプラ、スプリッタ、クラッド層ポンプファイバレーザを提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本明細書において用いられる用語を最初に定義する。「ガラス製プリカーサ材料」とは、加熱すると液状となり、ガラス状シリカを主要成分として含む無機残基である。このような材料は、コロイド状ゾルであり、ガラス状粒子がキャリア流体たとえば水状媒体中のフェュームドシリカ(fumed silica)中で懸濁されたもの、あるいは加熱することによりシリカに変換するような、シリカ含有化合物である。このような化合物の例は、水ガラス(ナトリウムシリカ化合物(sodium silicate))であり、乾燥することにより凝

縮しその後熱を加えると融解状態 (vitrified) にある。代表的な有機シリコン含有化合物は、テトラメチルアンモニウムシリケート (tetramethyl ammonium silicate) であり、水状溶剤の蒸発により、堅い残留物を構成する。この残留物は、加熱することにより反応しガラス状フィルムを有機物質が消滅するにつれてガラス状フィルムを形成する。

【0008】「粒子不含有のガラスプリカーサ材料」とは、コロイド状粒子が、意図的には添加されていないガラスプリカーサ材料であり、そして、「粒子含有ガラスプリカーサ材料」とは、コロイド状粒子が添加されたあるいはコロイド状粒子を形成するガラスプリカーサ材料である。

【0009】「光ファイバのほぼ平面状表面」とは、不可否的に発生する微小の凹凸を除いて、公称上平面状態である表面を意味する。このような凹凸は、断面が四角形、長方形、六角形のプリフォームから引き抜かれる際の光ファイバに固有のものである。

【0010】本発明は、光ファイバの融解バンドルを含む物品（たとえば光ファイバ増幅器、あるいはレーザ）の製造方法を具体化することである。本発明の方法は、光ファイバのバンドルを用意するステップと、この光ファイバのバンドルを加熱して融解状態の光ファイバのバンドルが得られるようにするステップを含む。重要なことは、本発明の方法は、加熱する前にガラスプリカーサ材料を、前記の光ファイババンドルに加えることである。

【0011】本発明の一実施例によれば、ガラスプリカーサ材料は、コロイド状ゾルを含む（すなわちコロイド状粒子を含む）。本発明の第2の実施例においては、光ファイバのうち少なくとも2本の光ファイバは、対向する実質的に平面状の表面を有し、ガラスプリカーサ材料は、粒子不含有ガラスプリカーサ材料である。

【0012】本発明で用いられるコロイド状粒子の例は、フュームドシリカ (fumed silica) であり、粒子不含有プリカーサ材料の例はTEOS（部分的に水素化されたテトラエチルオルトシリケート）である。

【0013】前者のプリカーサ材料は、好ましくない「ギャップ」を含む（あるいは含むことのある）の光ファイバのバンドルとともに用いられ、公称上断面が円形の光ファイバのバンドルとともに用いられるが、しかし、ほぼ平面状の表面を有する光ファイバのバンドルを除くこと意図するものではない。粒子を含有しないプリカーサ材料は、通常、実質的にギャップのないバンドルで、実質的に平面状の表面領域を有する光ファイバたとえば断面が四角形、長方形、または六角形の光ファイバ、あるいは断面がD型の形状をしている光ファイバとともに用いられる。粒子を含有しないプリカーサ材料は、それらを融解する前に光ファイバをバンドル中に保持して、融解バンドルを改良するよう機能する。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明は、断面が円形のシングルモードファイバを包囲する同じく断面が円形の複数の（6本の）マルチモードファイバを有する融解ファイババンドルを製造する方法について説明する。中央部のシングルモードファイバは、Er-Ybドープのシングルモードファイバのような別のシングルモードファイバに接続される、融解ファイババンドルを製造する方法について説明する。しかしこれは、本発明の一実施例であり、本発明はこれに限定されるものではない。

【0015】我々の研究成果によれば、光ファイバのバンドルを介して、マルチモードの光を高効率で伝送させるためには、光ファイバの加熱ステップの間、光ファイバの変形を最小にする必要がある。一方、高い強度を得るためには、光ファイバは、互いに一緒に融解しなければならないが、これはある程度の変形をもたらしていしう。このような我々の研究結果は、対称でかつ十分よく制御された変形が必要であるということを示している。特にこのことは、シングルモードファイバが、バンドル中に存在する場合に当てはまる。その理由は、シングルモードの伝送は、シングルモードファイバのコア中の変形に極端に敏感だからである。したがって、光ファイバのバンドルを加熱する前に、対称にしっかりと配置する（シングルモードファイバに緊密にパッケージする）ことが好ましく、そして温度の分布は、光ファイバの長手軸方向に沿って対称であることが好ましい。

【0016】我々の研究では、光ファイバのバンドル中にしばしばギャップが存在することが見いだされた。実験的にこれらは、光ファイバのサイズのミスマッチおよび/または、特定のクズ (debris) と組み合わせ、非対称構造のバンドルが形成されることになる。

【0017】このことを図1に示し、同図の円形の断面を有する光ファイバのバンドルにおいて、シングルモードファイバ11の周囲にマルチモードファイバ12が6本配列され、そしてマルチモードファイバ12同士の間にはギャップ13が存在する。我々の観測したところによれば、円形の光ファイバが、互いに1μm以下の製造誤差の直径を有しない場合には、ギャップが通常存在してしまう。通常、光ファイバの直径を通常の製造環境で1μmの製造誤差以内に維持することは困難である。たとえば、実質的に平面状の光ファイバのバンドルにおいては、ギャップは表面間の特定のクズまたは傷の存在および/または、光ファイバの直径の変動に起因して存在する。

【0018】米国特許第5408554号は、光ファイバの一部を意図的に寸法を小さくすることにより、性能を劣化させるギャップの形成を回避するような光ファイバの製造技術を開示している。しかし、これは光ファイバの直径の高い寸法精度を必要とすることを回避できるものではない。

【0019】我々の研究開発の結果によれば、光ファイバのバンドルを加熱する前に、この光ファイバのバンドルに、コロイド状ゾルを含有するガラスブリカーサ材料を加えるステップを含む本発明の方法により解決できる。

【0020】本発明の方法によれば、光ファイバのバンドルの中のギャップが充填された熔融光ファイバのバンドルが得られる。これにより光ファイバ間の緊密な接触が可能となり、その結果光ファイバは、加熱ステップの間、互いに対称となり、その結果、高い（90%以上の）光スルーットを有する熔融光ファイババンドルを得ることができる。

【0021】粒子を含有するガラスブリカーサ材料を、光ファイバの（未熔融）バンドルに追加し、この追加した材料を乾燥させた後、残留物を適宜の加熱ステップで熔融する。加熱ステップの加熱温度と持続時間は、残留物の組成と大きさに通常依存するが、従来からの経験により熱処理条件を決定することができる。たとえば温度は、PまたはBをドーピングしたSiO₂の粒子に対しては、アンドープのフェームドシリカに対するよりも、粒子のサイズが同じ場合にははるかに低い。軟化温度以上の光ファイバの加熱が通常必要である。

【0022】コロイド状ゾルを、PまたはBでドーピングすることは、リン酸、またはホウ酸、あるいは他の適宜のリン、またはボロン含有の化合物内に乾燥した残留物を有する光ファイバのバンドルを浸すことにより行われる。ドーパントをゾルに追加することも本発明に含まれる。他のドーパントでドーピングすることも、本発明から除かれるわけではない。

【0023】本発明による方法を用いることにより、緊密にパックした構造体内に円形の断面を有するファイバの自己整合が可能となり、そしてこの構造体が固定でき、その結果、光ファイバをねじることは必要でなくなる。これらの利点は、光ファイバの大きさを正確にそろえる必要が無く、かつ光ファイバを剥いて洗浄するための高純度の溶剤を必要とせず、またブリカーサ材料の高純度も必要としない。かくして、本発明の方法は、従来の欠点を解決することができる。

【0024】上に述べたように、粒子を含有するガラスブリカーサ材料は、断面が円形の光ファイバのバンドルに限定されるものではない。この粒子を含有したガラスブリカーサ材料は、光ファイババンドル上にギャップが存在する場合、あるいはこのようなギャップが存在する可能性がある場合には、いつでも使用できる。このようなギャップの存在の可能性は、断面が円形の光ファイバのバンドルに限らず、断面が四角形、長方形、六角形、あるいは他の形状の光ファイバのバンドルにも存在し、そして粒子含有のガラスブリカーサ材料も、このようなバンドルに適用できる。

【0025】本発明は、光ファイバのバンドルを含む物

品の製造で実現でき、そしてこの光ファイバのバンドルは、少なくとも複数本の光ファイバの少なくとも2本が、平面状の表面を有し、そしてこの2つの平面状表面が互いに向き合っているような場合にも適用できる。このようなバンドルの代表例（D型ファイバ51を2本含む）を、図5に示し、そして図6は、3本の四角形の光ファイバを含むバンドルを示す。この両方の場合、隣接する光ファイバの平面状表面が、互いに接触する。仮に組み立てられたバンドルに、粒子を有さないガラスブリカーサ材料（代表的には、hydrolyzed: TEOSの希釈溶液）で追加する。隣接するファイバ間に、ブリカーサ材料が存在することにより、光ファイバは互いに接着して、バンドルを加熱することによりギャップ、あるいは他の不連続点が存在せずに、光ファイバを熔融して接合できる。

【0026】図5に示すように、D型は、長方形（四角を含む）の断面を有する光ファイバである。断面が長方形の光ファイバは、Collimated Holes, Inc., (Campbell, California) から市販されている。

【0027】以上の説明は、熔融した光ファイバの形成について述べたものである。しかし、本発明の多くの実施例においては、熔融バンドルは、テープ状のバンドルである。バンドルをテープ状にすることは、従来方法により達成可能で、その説明は割愛する。

【0028】図2に、本発明のクラッド層ポンピングファイバをポンピングする装置20を示す。このクラッド層ポンピングファイバは、複数のマルチモードファイバ21を有し、それらがバンドル領域22に集束し、そしてテープ状領域23までのびて、そこでバンドルのテープがクラッド層ポンプファイバ25の直径にほぼ等しい最小直径24となる。好ましくは、バンドル領域22内のファイバは、内側のファイバが最大数の近傍のファイバに隣接するように、緊密な形状で配置される（図2Cを参照）。理想的には、バンドルは、クラッド層ポンプファイバ25の内側クラッド層の断面まで、テープ状にされる。各個々のマルチモードファイバ21（図2Aには3本のみが示されている）が、半導体エミッタソース29からクラッド層ポンプファイバ25に光を結合する。

【0029】図3は、本発明の他の実施例を示し、束ねられたテープ状のファイバの少なくとも1本は、シングルモードファイバ31である。

【0030】以上の議論においては、束ねられたファイバは、マルチモードファイバであり、ただし、シングルモードファイバ31はシングルモードのコアを有する。この中心のファイバのコアは、テープ状の部分を通して、クラッド層ポンピングファイバのコアと光を効率的に結合し、一方マルチモードファイバ21は、クラッド層ポンピングファイバのクラッド層に光を結合するのに用いられる。

【0031】図4は、本発明の第3の実施例を示し、束ねられたテーパ状ファイバは、クラッド層ポンピングファイバの両端に光を結合する。この実施例においては、31はシングルモードであり、この構造体が、クラッド層ポンプファイバ増幅器を構成する。

【0032】実験例1

6個のポンプダイオードの出力を、シングルモード信号放射を搬送する光ファイバ中に結合するために、7本の光ファイバのバンドルを形成した。6本のマルチモードファイバのクラッド層の外径は、 $125\mu\text{m}$ で、コアは $105\mu\text{m}$ で、開口数(NA)は、0.15である。シングルモードファイバは、この6本のマルチモードファイバに囲まれており、シングルモードファイバの外径は $125\mu\text{m}$ 、Geをドープしたコアの直径は $12\mu\text{m}$ である。すべてのファイバは、外径が $250\mu\text{m}$ のポリマーコーティング層を有する。

【0033】光ファイババンドルは、シリカ製のキャピラリーチューブ内に挿入され(内径が $770\mu\text{m}$ で)、コーティング層は従来手段により 50mm の長さをとられ、それをキャピラリーチューブ内に挿入する。周囲がはがされたファイバのバンドルを、緩く束ねて、そのバンドルの先端の 40mm 長さを、平均サイズが 100nm の SiO_2 のコロイド状粒子(fumed silica)を8-16重量%含む水溶性ゾル内に浸した。このバンドルをゾルからゆっくり引き上げた後、このバンドルを空気中で約10分間乾燥させた。この組立体を、キャピラリーを把持することにより、チャックに搭載し、米国特許出願第08/999429号に記載されたトーチにより加熱した。このガスの流速は、 200scm の H_2 と、 450scm の O_2 であり、トーチは、組立体をゆっくりと引き下ろすことにより、光ファイバをそれが若干溶融する温度まで加熱して、バンドル内に高弛緩ギャップを残す。

【0034】ガスの吹き付けを完了した後、少なくとも部分的に溶融したバンドルの突起端部を、長さ 3mm だけ $600\mu\text{m}$ の内径を有するシリカ製キャピラリー内に挿入した。トーチを用いて、バンドルをキャピラリーに追従させ、キャピラリーを保持しているチャックを引き離す方向に動かし、最小直径が $125\mu\text{m}$ を有するテーパを形成するよう、バンドルを引き延ばすために加熱しながら行った。かくして、生成されたテーパ状の溶融バンドルには、ギャップが無くなる。その後、裸の光ファイバをポリマーでコーティングして、光学的な測定を行った。テーパ状のバンドルのポンプ光のスループットは、91-95%の範囲内にあり、シングルモードのスループットは、90-94%の範囲内にある。

【0035】実験例2

実験例1と同様に、第2のテーパ状バンドルを形成し

た。ただし、水性ゾルはさらに、 HPO_3 を1-5重量%含有する。このテーパ状バンドルの光学スループットは、上記した実験例1と同じである。

【0036】実験例3

$40\times 90\mu\text{m}$ の純粋シリカコアを、 $90\times 130\mu\text{m}$ のFドープのクラッド層で包囲した、3本の長方形の断面を有するファイバを、従来のポリマーコーティング層でコーティングし、光ファイバを保持するために、小さなシリカ製キャピラリーチューブ内を通した。このポリマーコーティング層を、端部から剥ぎ取り、従来の熱酸による手順を用いてキャピラリーから突出させた。その結果得られた裸のファイバの端部を、パッファ酸化物エッチング材(6:1)の中に24分間浸して、Fドープのガラスクラッド層を端部から約 2cm の長さだけ除去した。その後、このファイバをメタノールで洗浄し、脱イオン水でさらに洗浄した。その後光ファイバを、0.03mlのテトラエチルオルソシリケート(tetraethyl orthosilicate: TEOS)を、15mlの水と15mlのエタノールに加えて、それを超音波で混合することによって用意したTEOS内に浸して、水酸化(hydrolysis)を促進した。光ファイバを溶剤から取り出した後、光ファイバを空気中で乾燥した。その後、このバンドルを加熱し、溶かして図1実施例と同様にテーパ状にした。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術にかかる、ギャップが間にある光ファイババンドルを表す図。

【図2】束ねられた複数のテーパ状ファイバを表す図。

【図3】テーパ状ファイバのうち、少なくとも1本は、シングルモードである、他の実施例を表す図。

【図4】束ねられたテーパ状ファイバが、光をクラッド層ポンプファイバの両端に結合する実施例を表す図。

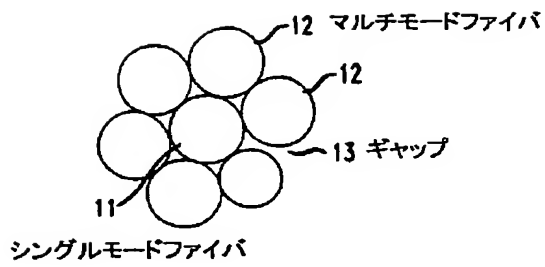
【図5】光ファイババンドルの断面を表す図。

【図6】光ファイババンドルの断面を表す図。

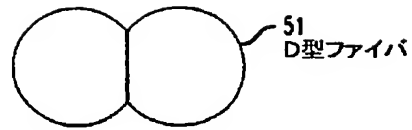
【符号の説明】

- 11 シングルモードファイバ
- 12 マルチモードファイバ
- 13 ギャップ
- 21 マルチモードファイバ
- 22 バンドル領域
- 23 テーパ状領域
- 24 最小直径
- 25 クラッド層ポンプファイバ
- 29 半導体エミッタソース
- 31 シングルモードファイバ
- 51 D型ファイバ
- 61 四角形ファイバ

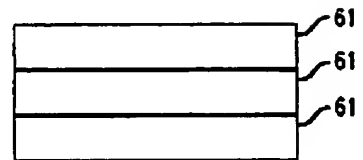
【図1】



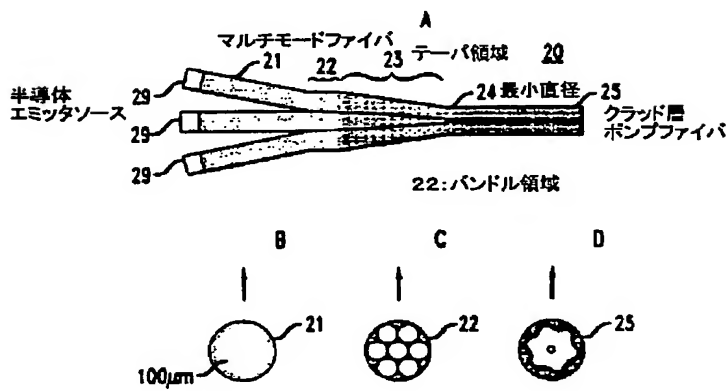
【図5】



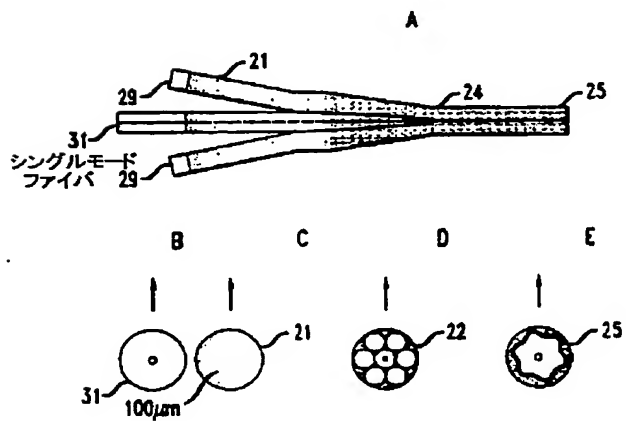
【図6】



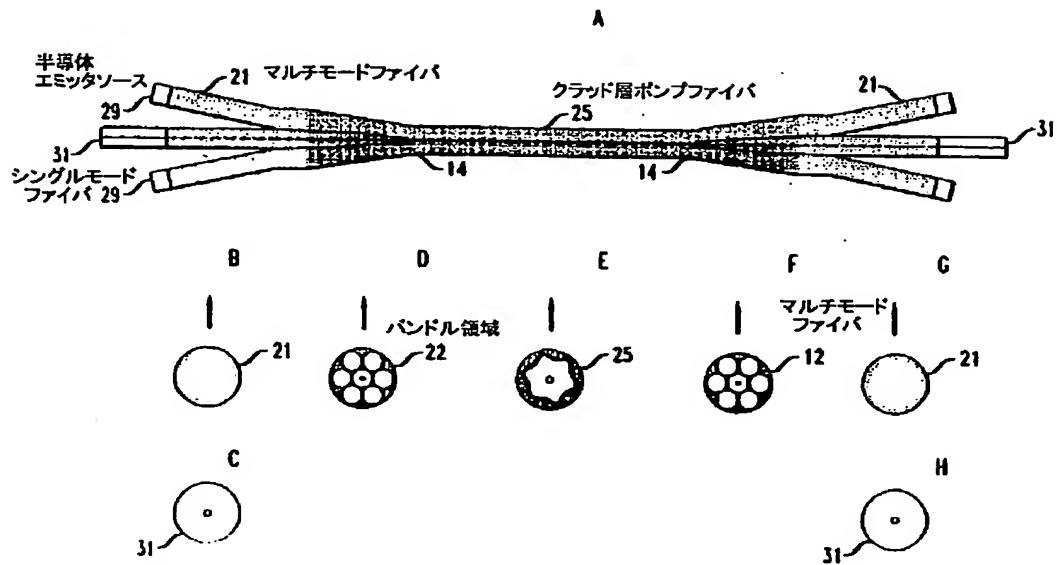
【図2】



【図3】



【図 4】



フロントページの続き

(71)出願人 596077259

600 Mountain Avenue,
Murray Hill, New Je
rsey 07974-0636 U. S. A.

(72)発明者 デビッド ジョン デジョバンニ
アメリカ合衆国、07042 ニュージャージ
ー、モンテクレア、モンテクレア アベニ
ュー 126

(72)発明者 ミカイル フィッシュテイン
アメリカ合衆国、08807 ニュージャージ
ー、ブリッジウォーター、ハイランド ア
ベニュー 70

THIS PAGE BLANK (USPTO)